ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
TECHNOSPHERE SAFETY

УДК 502/504

Научная статья

https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-7-4-20-29

Основные научные принципы системного подхода к определению негативных факторов, воздействующих на окружающую среду городских территорий

Н.С. Самарская ✉, **Е.В. Котлярова** , **Е.П. Лысова**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ nat-samars@yandex.ru

Аннотация

Введение. В современных условиях активного развития городских территорий проблемы в области обеспечения экологической безопасности приобретают все большую актуальность. Они не могут быть решены без глубокого анализа факторов, нарушающих экологическое равновесие и вызывающих негативные последствия для компонентов окружающей среды. При этом одним из главных элементов хозяйственно-экономической деятельности человека, формирующей техногенные нагрузки, выступает строительная отрасль. Это связано в том числе с тем, что, в отличие от некоторых других сфер, темпы строительных работ за последний год значительно возросли. Так, на март 2023 года в Российской Федерации зарегистрировано 2460 организаций-застройщиков, что на 14 % больше предыдущего периода, то есть скорость и масштаб строительных работ в настоящее время больше всего затрагивают население городов с социально-экономической стороны. Но при этом нельзя забывать и об экологической стороне вопроса. Многолетний опыт исследований в этой сфере показал отсутствие структурированного подхода к оценке экологической безопасности городских территорий, включающего в себя подбор оптимального перечня природоохранных мероприятий. При этом научные подходы, основанные на экологической характеристике совокупности природных условий, определении предельно допустимых техногенных нагрузок, выявлении экологически значимых параметров окружающей среды, таких как количество кислорода в атмосферном воздухе или наличие естественных водных ресурсов, требуют значительных временных и трудовых затрат, и они, как правило, не привязаны к конкретным объектам городской среды. Однако градостроительные пространства в зависимости от функционального назначения содержат типовые антропогенные объекты, среди которых преобладают объекты капитального строительства и благоустройства территорий. Характер негативного воздействия на окружающую среду таких объектов, очевидно, является тоже типовым. В связи с этим целью данного исследования является систематизация и унификация многочисленных негативных факторов, воздействующих на те или иные территории объекта капитального строительства и благоустройства, в зависимости от функционального назначения и территории, и расположенных на ней объектов. Такие преобразования авторы предлагают производить автоматизировано в рамках разработанной онлайн-платформы.

Материалы и методы. Для оценки негативного воздействия на окружающую городскую среду негативных факторов предлагается использовать методический подход, основанный на концепции функционального зонирования территории. Согласно ГрК РФ, для каждой функциональной зоны характерно наличие определенных объектов капитального строительства и благоустройства. Для достижения поставленной в исследовании цели использованы методы сопоставительного и системного анализа и обобщения. Авторами получены и систематизированы результаты, которые показали схожесть негативных воздействий от одних и тех же типов объектов капитального строительства и благоустройства территорий.

Результаты исследования. Оценка негативного воздействия на окружающую среду объектов капитального строительства и благоустройства территорий является частью научно-исследовательской работы, подготовленной в рамках государственной программы «Приоритет-2030». Системный подход к исследованию негативных факторов городской среды позволит структурировать имеющуюся информацию, значительно ускорить ее анализ и принятие на ее основе соответствующих решений за счет установленных авторами

взаимосвязей между параметрами негативных факторов, типами объектов и функциональными зонами, в которых они расположены. Предлагаемый подход реализуется в рамках разрабатываемой авторами онлайн-платформы. При этом для обеспечения экологической безопасности территории они руководствуются основным принципом, заключающимся в ускоренном проведении автоматизированной оценки негативных факторов, исходящих от объекта капитального строительства или благоустройства городской среды.

Обсуждение и заключение. Полученные результаты исследований, включающие в себя систематизацию негативных факторов воздействия на окружающую среду территорий объектов капитального строительства и благоустройства в зависимости от функциональных зон их расположения, являются основой для дальнейшей разработки методики обеспечения экологической безопасности городской среды. Максимально полное выявление всех экологически опасных факторов обеспечит возможность всесторонней оценки негативного воздействия на окружающую среду объектов капитального строительства и благоустройства городских территорий.

Ключевые слова: экологическая безопасность, оценка негативного воздействия, окружающая среда, объекты капитального строительства, благоустройство территорий, городская среда

Благодарности. Авторы выражают благодарность редакции и рецензентам за внимательное отношение к статье и указанные замечания, которые позволили повысить ее качество. Авторы признательны руководству за помощь, оказанную в процессе подготовки проекта.

Финансирование. Исследования выполнены за счет грантовой поддержки от Донского государственного технического университета по итогам конкурса «Наука-2030».

Для цитирования. Самарская Н.С., Котлярова Е.В., Лысова Е.П. Основные научные принципы системного подхода к определению негативных факторов, воздействующих на окружающую среду городских территорий. *Безопасность техногенных и природных систем.* 2023;7(4):20–29. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-7-4-20-29

Original article

Main Scientific Principles of a Systematic Approach to the Determination of Negative Factors Affecting Urban Environment

Natalya S. Samarskaya ✉, **Ekaterina V. Kotlyarova**, **Ekaterina P. Lysova**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ nat-samars@yandex.ru

Abstract

Introduction. With the modern active development of urban areas, the problems in the field of environmental safety are becoming increasingly relevant. These problems cannot be solved without an in-depth analysis of the factors that disrupt the ecological balance and cause negative consequences for the components of the environment. At the same time, construction industry is one of the main elements of human economic activity that forms technogenic loads. This is due, among other things, to the fact that, unlike some other areas, the pace of construction work has increased significantly over the past year. So, as of March 2023, 2,460 developer organizations were registered in the Russian Federation, which was 14% more than in the previous period, that is, the speed and scale of construction work most of all affect the population of cities from a socio-economic point of view. At the same time, we should not forget about the environmental side of the issue. Many years of research in this area has shown the lack of a structured approach to assessing the environmental safety of urban areas, including the selection of an optimal list of environmental measures. At the same time, scientific approaches based on the ecological characteristics of the totality of natural conditions, determining the maximum permissible anthropogenic loads, identifying environmentally significant environmental parameters, such as the amount of oxygen in the atmospheric air or the availability of natural water resources, require significant time and labor costs, and also, as a rule, are not tied to specific objects of the urban environment. However, urban planning spaces, depending on their functional purpose, contain typical anthropogenic objects, among which capital construction and landscaping facilities predominate. The nature of the negative impact on the environment from such facilities is obviously also typical. In this regard, the aim of the study was to systematize and unify numerous negative factors affecting the territory of a particular object of capital construction and landscaping, depending on the functional purpose of the territory and the types of objects located on it. The authors propose to perform such transformations automatically within the framework of the developed online platform.

Materials and Methods. To assess the negative impact on the urban environment, it was proposed to use a methodological approach based on the concept of functional zoning of the territory. According to the Urban Planning

Code of the Russian Federation, each functional zone is characterized by the presence of certain capital construction and landscaping facilities. To achieve this goal, we used methods of comparative and system analysis and generalization. Thus, the results were obtained and systematized in the work, which showed the similarity of the nature of the negative impact from the same types of capital construction and landscaping facilities.

Results. The assessment of the negative impact of capital construction and landscaping facilities on the environment was part of the research work prepared within the framework of the state program "Priority 2030". A systematic approach in analytical studies of negative factors of urban environment will allow structuring information, significantly speeding up its analysis and making appropriate decisions due to the relationships we have established between the parameters of negative factors, types of objects and functional zones in which they were located. The proposed approach was implemented within the framework of the online platform developed by the authors. At the same time, the main principle that guided us was quick access to the task of ensuring environmental safety of the territory due to accelerated automated assessment of negative factors from a given capital construction object or urban improvement.

Discussion and Conclusion. The obtained research results, which include the systematization of negative environmental impact factors on the territories of capital construction and landscaping facilities, depending on the functional zones of their location, are the basis for further development of methods for ensuring environmental safety of the urban environment. The fullest possible identification of all environmentally hazardous factors will ensure an effective assessment of the negative impact on the environment of capital construction projects and urban improvement.

Keywords: environmental safety, negative impact assessment, environment, capital facilities, landscaping, urban environment

Acknowledgements. The authors would like to thank the editorial board and the reviewers for their attentive attitude to the article and for the specified comments that improved the quality of the article. The authors are grateful to the management for the assistance provided during the preparation of the project.

Funding information. The research was carried out at the expense of grant support from Don State Technical University following the results of the Science-2030 competition.

For citation. Samarskaya NS, Kotlyarova EV, Lysova EP. Main Scientific Principles of a Systematic Approach to the Determination of Negative Factors Affecting Urban Environment. *Safety of Technogenic and Natural Systems*. 2023;7(4):20–29. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-7-4-20-29

Введение. Развитие общества неразрывно связано с формированием соответствующей среды обитания. Научно-технический прогресс, открытия в различных сферах жизнедеятельности, повсеместное использование механизмов позволили расширять ареолы обитания человека даже на трудных для освоения участках. При этом о возможном негативном воздействии на окружающую среду в процессе хозяйственно-экономической деятельности стали говорить чуть более ста лет назад, а термин «устойчивое развитие» и его принципы были впервые сформулированы в 1972 году.

В настоящее время вопрос обеспечения экологической безопасности как в целом среды обитания человека, так и отдельных сфер жизни или деятельности является крайне актуальным и обсуждаемым. По мнению авторов, это связано с тем, что до сих пор отсутствует удобная системная методика подбора природоохранных мероприятий для объектов капитального строительства и городского хозяйства. И первым шагом для ее описания является систематизация негативных факторов воздействия на компоненты окружающей среды. При этом анализ экологических проблем показывает, что наиболее ярко они проявляются прежде всего в городской среде, там, где происходит замещение естественных биогеоценозов урбо- и агроценозами, а также появляются глубокие неразрывные взаимосвязи между природными компонентами и элементами высокоурбанизированных территорий. Под высокоурбанизированными территориями авторы данной работы понимают территории мегаполисов, городских агломераций, крупных городов. Такие формы поселений занимают значительную часть суши, на них сосредоточена большая часть населения Земли.

Спектр воздействия высокоурбанизированных территорий на окружающую среду оказывается чрезвычайно широким, с максимальной концентрацией негативно воздействующих факторов. Однако, как показывает практика, в проектной документации на объекты капитального строительства и благоустройства территорий прописывается не весь спектр негативно воздействующих факторов, и, как следствие, предусмотренные проектные мероприятия по защите окружающей среды не дают должного эффекта, так как опираются на типовые решения, копируемые из проекта в проект.

Материалы и методы. Изучению подходов к решению вопросов обеспечения экологической безопасности городских территорий посвящены труды таких отечественных и зарубежных ученых, как Ветрова Н.М.,

Вереха Т.В., Беспалова В.И., Герасимова Е.Б., Гагарина Е.С., Махмуди А., Шеина С.Г. и другие, включая авторов данного научного материала [1, 2]. Результаты исследований показывают, что крупный мегаполис практически полностью изменяет природные компоненты: атмосферный воздух, почвенный покров, фитоценоз, рельеф, поверхностные и подземные воды, климат [3–5]. Появляются неразрывные связи между элементами городской среды и природными компонентами. Так, типичным примером может служить городская улица, где антропогенными элементами являются здания, автомобильный транспорт, дорожное покрытие, а природными компонентами выступают зеленые насаждения и атмосферный воздух [6, 7]. Такая связь неизбежно приводит к негативному воздействию элементов городской среды на природные компоненты, причем спектр этого воздействия оказывается настолько широким, что вызывает целый ряд проблем, характерных практически для любого современного города [8]. Для достижения поставленной цели авторами использованы методы сопоставительного и системного анализа и обобщения. Обобщая и систематизируя результаты проведенных аналитических исследований, можно представить всю совокупность наиболее острых экологических проблем современного города в виде схемы (рис. 1).

Такое многообразие выявленных проблем обусловлено прежде всего особенностью городской инфраструктуры [9, 10]. В ее состав входят не только промышленные кластеры и селитебные зоны с высокой плотностью застройки, но и торгово-развлекательные комплексы, объекты городского хозяйства и рекреационные зоны. В комплексе все элементы городской среды должны обеспечивать благоприятные условия для проживания населения. Одновременно с обеспечением благоприятных условий для проживания элементы городской среды не должны оказывать негативного воздействия на природные экосистемы. Поэтому неизбежное тесное взаимодействие совокупности живых существ и высокоурбанизированной среды порождает взаимозависимость и формирует особую форму экосистемы — урбанизированную.

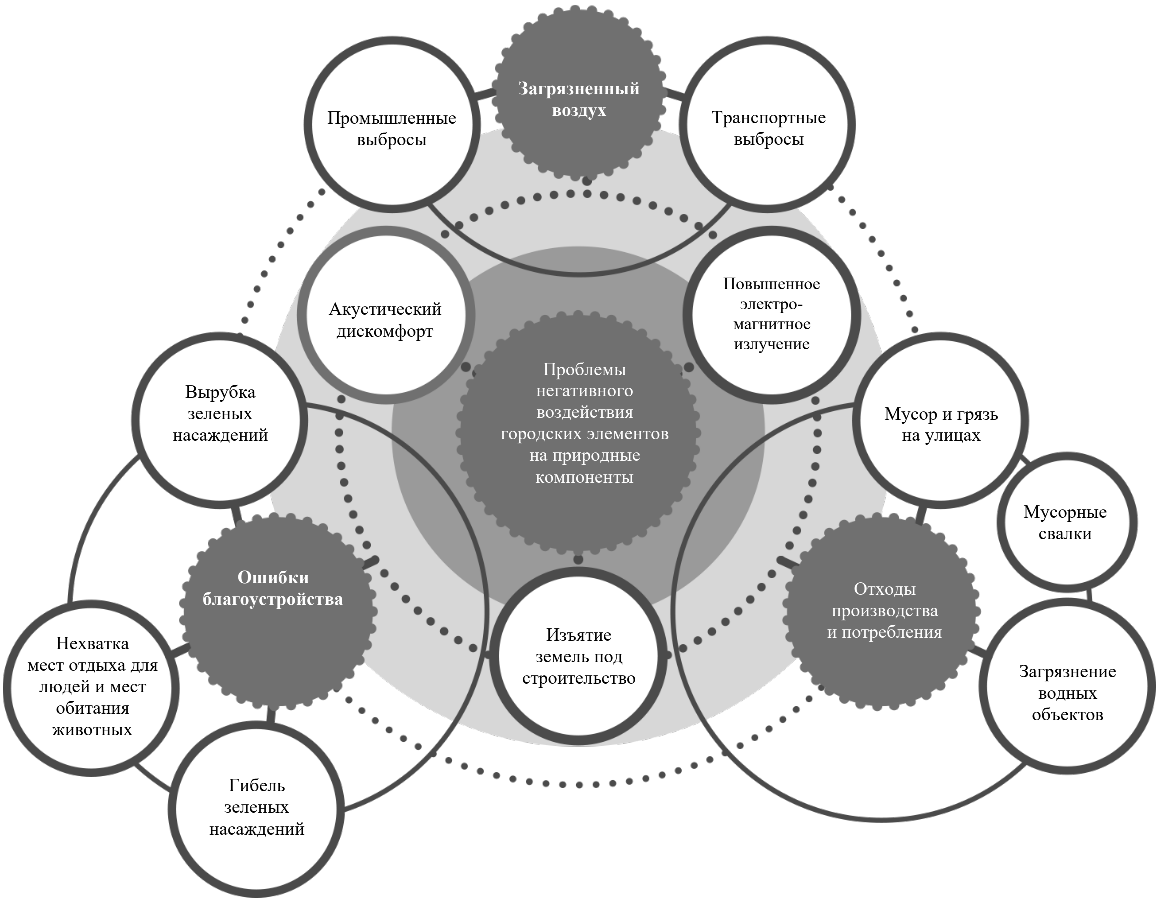


Рис. 1. Проблемы негативного воздействия городских элементов на природные компоненты окружающей среды

Очевидно, что урбанизированная экологическая система постоянно потребляет внешние ресурсы и не способна к саморегуляции. Такая система развивается не по законам природы, а согласно потребностям хозяйственной деятельности человека. Именно поэтому подход к решению проблемы обеспечения равновесия в урбанизированной экосистеме должен быть особым, учитывающим все параметры свойств природных и антропогенных компонентов городской среды.

Результаты исследования. Понятие «негативный фактор, воздействующий на окружающую городскую среду» подразумевает прежде всего специфику процесса его воздействия на окружающие компоненты, в ходе которого появляются признаки негативного изменения. Каждый процесс негативного изменения имеет свои особенности воздействия и определяется по характеру, интенсивности, источнику [11]. Однако сравнительный анализ особенностей воздействия негативных факторов на окружающую городскую среду позволил систематизировать их по характеру влияния на природные компоненты урбанизированных территорий.

Неизбежным и, пожалуй, наиболее негативным фактором в городской среде является использование земель как пространственного базиса для строительства и размещения объектов хозяйственной деятельности. В зависимости от характера использования земля подвергается истощению, переуплотнению, загрязнению, подтоплению и пр. Экологические требования, изложенные в главе VII закона «Об охране окружающей среды» относительно размещения объектов хозяйственной деятельности, их проектирования, строительства и реконструкции, а также ввода в эксплуатацию, не обеспечивают в полной мере равновесия в урбанизированной экосистеме и приводят к вышеописанным последствиям.

Повсеместное загрязнение природных компонентов в процессе функционирования урбанизированных экосистем связано с активным ростом и развитием промышленности, транспортных систем, строительством объектов энергетики и, конечно, жилой площади [12, 13]. Безусловно, степень влияния источников загрязнения бывает разной и зависит от уровня благоустройства городских микрорайонов и целого ряда социально-экономических факторов: законодательных, политических, демографических, личностных, инфраструктурных [14, 15].

Говоря об источниках загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий химическими веществами, можно предположить, что наиболее значимыми из них являются объекты и инфраструктура автотранспортного комплекса. При пробеге 15 тыс. км один автомобиль сжигает в среднем 2 т топлива, около 30 т воздуха, в том числе 4–5 т кислорода, что в 50 раз больше потребностей человека, при этом выбрасывает в атмосферный воздух городов угарного газа — 700 кг/год, диоксида азота — 40 кг/год, углеводородов — 230 литров, твердых веществ — 2–5 кг/год [16, 17].

Анализ результатов многолетних наблюдений и исследований позволяет заключить, что наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха высокоурбанизированных территорий вносят автомобили, работающие на бензине, в меньшей степени — работающие на дизельном топливе, минимальный вклад — работающие на газообразном топливе [1, 2, 8].

Загрязнение, как негативный фактор воздействия на городскую экосистему, в значительной степени поступает и от промышленных объектов, максимальное количество которых сосредоточено именно на высокоурбанизированных территориях и территориях, непосредственно прилегающих к ним [10].

Установлено, что основными источниками загрязнения среди промышленных объектов, являются [7, 10]

– на предприятиях черной и цветной металлургии — дробильно-размольное оборудование, места разгрузки, погрузки и пересыпки материалов, доменные и мартеновские печи, установки непрерывной разливки металлов и другие;

– на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятиях — технологическое оборудование при производстве кислот, резинотехнических изделий, пластмасс, красителей и моющих средств, искусственного каучука, минеральных удобрений, различных растворителей (толуола, ацетона, фенола, бензола), при получении фосфора;

– на предприятиях по производству строительных материалов — обжиговые печи, сушильные барабаны различных видов, реакторы гашения извести, дробильно-размольное оборудование, сушильные машины, стекловаренные печи, битумоплавильные агрегаты, сортировочные машины, сушильные агрегаты, смесители, агрегаты питания и др.

Как показывают результаты мониторинга качества компонентов окружающей среды на территориях вблизи размещения вышеуказанных объектов, степень негативного влияния загрязняющих веществ зачастую превышает в несколько раз установленные нормативами значения [12]. Говоря о загрязняющих веществах, приоритетных по уровню содержания в атмосфере городской среды, следует, безусловно, отметить оксид и диоксид углерода, оксиды азота и серы, ароматические углеводороды, твердые вещества, в том числе неорганические, с различным содержанием диоксида кремния, соединения свинца, хрома, ванадия, ртути и других химических элементов, хлорорганические вещества, фенол, бензол и его гомологи, формальдегид, аммиак, бенз(а)пирен, сероводород, сероуглерод, летучие органические соединения, пестициды [13]. Все это подтверждает факт недостаточности или неэффективности предусмотренных организационных, технологических и специальных инженерно-экологических мероприятий, призванных обеспечивать экологическую безопасность урбанизированной территории.

Несмотря на активное развитие принципов зеленой урбанистики, в крупных городах по-прежнему наблюдается нехватка зеленых насаждений и ухудшается состояние существующих посадок. Это проявляется

в нарушении продукционного процесса, деформации и изреживании кроны, прогрессировании суховершинности, а также некрозов и хлорозов листьев и хвои. Такие процессы происходят не только из-за загрязнения компонентов городской среды, но и из-за снижения плодородия почв, их уплотнения и загрязнения. Авторами выявлено, что данные негативные факторы особо интенсивно проявляются в районах многоэтажной застройки. Поэтому, решая проблему озеленения урбанизированных микрорайонов, необходимо исследовать и учитывать целый комплекс негативных факторов, угнетающих растительность и, как следствие, приводящих к потере ее экологических функций. Зеленые насаждения, лишенные своих качеств, не только бесполезны для обеспечения равновесия в урбоэкосистеме, но и эстетически тяжелы для восприятия.

Наряду с вышеперечисленными негативными факторами окружающая городская среда подвержена интенсивному воздействию различных физических полей: акустического, вибрационного, электромагнитного, теплового, радиационного [6, 7]. При этом акустический дискомфорт создают прежде всего объекты транспортной системы: авиа-, железнодорожный, автомобильный и водный транспорт. Существенный вклад в акустическое загрязнение урбанизированной среды вносят спортивные и развлекательные объекты, объекты промышленного кластера и ЖКХ. Многолетними исследованиями также установлено, что городские источники шума создают в совокупности сверхнормативный акустический фон, который негативно сказывается на здоровье проживающего на данной территории населения [5].

Как правило, негативный акустический фон в городской среде усиливает вибрационное воздействие от городского рельсового и автомобильного транспорта. Известно, что продолжительное регулярное вибрационное воздействие на живые компоненты окружающей среды приводит в смене местообитания организмов и разрушающе действует на центральную нервную систему человека [14].

Еще одним значимым негативным фактором в высокоурбанизированной городской среде является электромагнитное поле. Источниками могут служить электроснабжающие комплексы, протяженные линии электропередачи, ТЭЦ и трансформаторные подстанции, базовые станции сотовой связи, телевизионные комплексы, радиолокационные установки, радиостанции [15].

Наряду с электромагнитным полем на урбанизированную среду негативно воздействует тепловое поле. Избыток теплоты в городской среде возникает от таких объектов, как ТЭЦ, АЭС, котельные, теплотрассы, объекты добычи и переработки нефти, металлургические заводы, транспортные средства, метрополитены, подземные обогреваемые сооружения [16].

Наиболее опасным видом физического загрязнения в городской среде выступает радиоактивное излучение, которое в обычных условиях развития городской инфраструктуры не проявляется. Риск появления данного фактора возникает в период ликвидации техногенных аварий на объектах ядерной и атомной энергетики. Однако в последние годы вопросу обеспечения безопасности такого рода промышленных объектов уделяется большое внимание, поэтому вероятность появления фактора радиоактивного излучения остается минимальной.

Самым неконтролируемым негативным фактором в высокоурбанизированной среде можно считать биологическое загрязнение, связанное с появлением и распространением патогенных микроорганизмов в атмосферном воздухе, в водных объектах или в почве, приводящее к угрозе появления всевозможных изменений в здоровье населения, вспышке эпидемий. Основными источниками патогенных микроорганизмов выступают объекты водоотводящих и водоснабжающих комплексов, пункты общественного питания, кладбища, медицинские и лабораторные учреждения, сельскохозяйственные предприятия [17].

Представленное выше подробное описание видов негативных факторов, воздействующих на окружающую среду городских территорий, показывает, с одной стороны, многообразие типов воздействий, а с другой — необходимость построения взаимосвязей и систематизации перечисленных параметров для возможности автоматизированной работы с ними.

В ходе исследования влияния негативных факторов на окружающую среду города и последующего измерения диапазонов их воздействия авторами проведен анализ функциональных зон типичной городской территории с целью выявления источников (объектов) появления таких негативных факторов. Проведенные аналитические исследования показали большое разнообразие факторов, способных негативно воздействовать на окружающую среду высокоурбанизированных территорий. Предлагаемый авторами системный подход позволяет структурировать информацию, ускорить ее анализ и принимать соответствующие решения при последующем подборе природоохранных мероприятий для каждого конкретного случая. При этом основным принципом, которым руководствовались авторы, является оперативное решение задачи обеспечения экологической безопасности территории того или иного объекта строительства или благоустройства.

Любая задача предполагает наличие массива исходных данных, который должен обеспечить полное представление о предполагаемом ходе решения проблемы. В рассматриваемой ситуации в состав массива исходных данных, очевидно, должна входить такая информация, как реализуемый процесс, в результате

которого необходимо обеспечить экологическую безопасность (строительство или эксплуатация), наименование объекта исследования (промышленное предприятие, торговый центр, гостиница, автомойка, железнодорожный вокзал и т. д.), функциональная зона, в которой данный объект размещен (планируется к размещению), перечень негативных факторов воздействия рассматриваемого объекта на компоненты окружающей среды (физическое, химическое, биологическое воздействие). В связи с этим структурирование такого рода информации целесообразно проводить методом взаимосвязанной иерархии функциональных зон и относящихся к ним объектов строительства и капитального ремонта с негативными факторами, воздействующими на территории объектов, и их параметрами (рис. 2).

При таком методе построение многоуровневой системы данных с помощью программного комплекса позволит представить визуально большой массив данных достаточно легко и наглядно. Весь путь, представленный на рис. 2, можно автоматизировать, предоставив аналитическую задачу программному комплексу. Последовательно пройдя несколько шагов, пользователь сможет быстро прийти к цели — получить набор тех негативных факторов воздействия на окружающую среду, которые характерны именно для его конкретного объекта, расположенного в определенной функциональной зоне города.

Полученный исчерпывающий набор негативных факторов позволяет определить дальнейшие пути работы: проведение инструментальных замеров для определения параметров их воздействия с последующим детализированным подбором списка природоохранных мероприятий либо получение рекомендаций по перечню возможных мероприятий по снижению негативного воздействия на компоненты окружающей среды без проведения замеров.

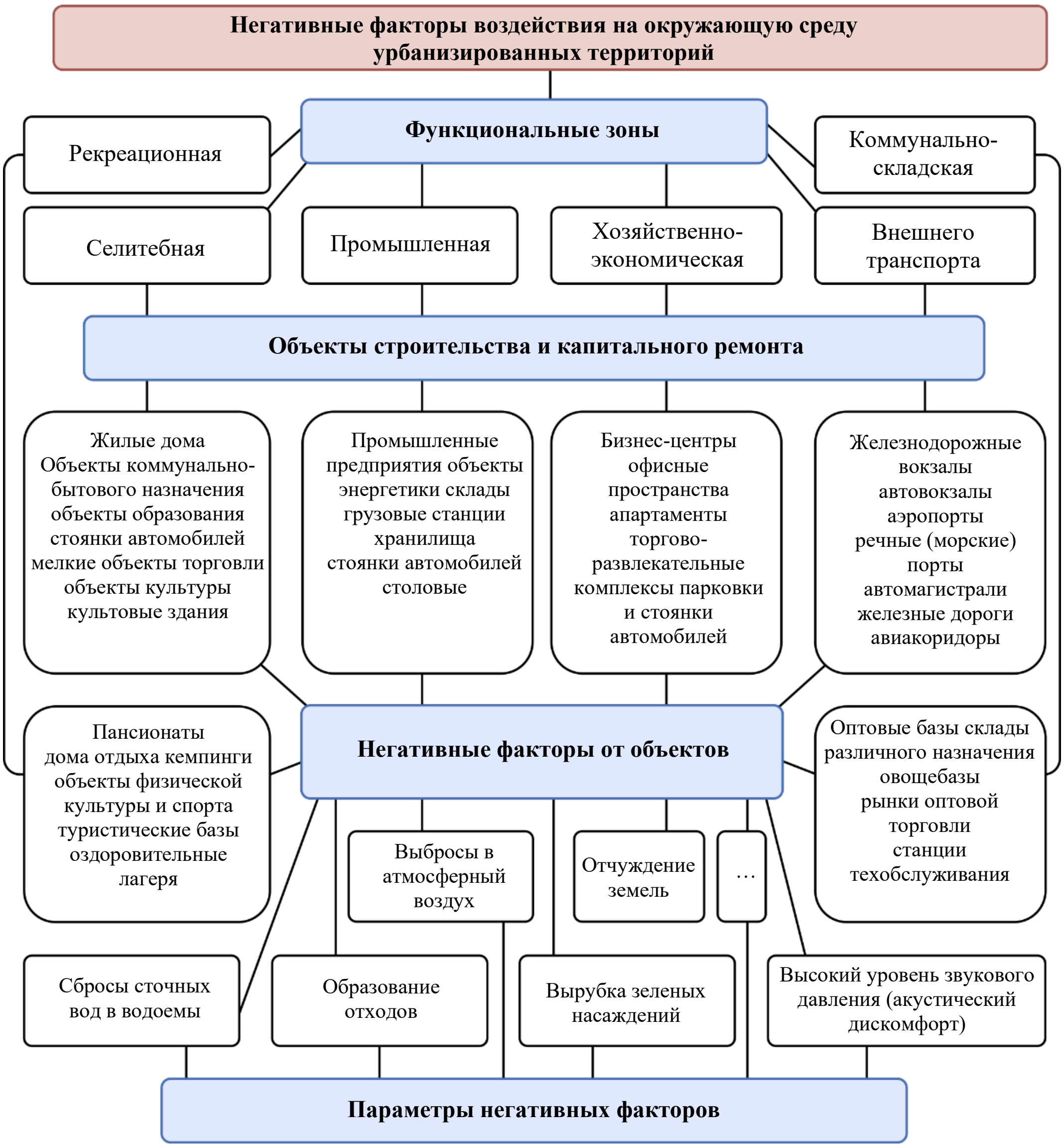


Рис. 2. Системный подход к оценке негативного воздействия на окружающую среду территорий объектов капитального строительства и благоустройства в зависимости от функциональных зон, где они расположены

Обсуждение и заключение. Обеспечение экологической безопасности является важным условием повсеместного развития общества, поэтому необходимо снижать негативное воздействие на окружающую среду от различных видов хозяйственно-экономической деятельности человека, включая весь спектр строительных работ. Решение проблем экологической безопасности урбанизированных территорий базируется на глубоком анализе факторов, нарушающих экологическое равновесие и вызывающих негативные последствия в окружающей среде. В современных условиях развития электронных продуктов создание программного комплекса, реализующего предлагаемый авторами системный подход к определению негативных факторов, воздействующих на территории объектов капитального строительства и благоустройства с учетом функциональных зон, где они расположены, представляется весьма перспективным. Сформированный массив данных, содержащий информацию о негативных факторах окружающей среды от функционирования различных объектов капитального строительства и городского хозяйства, позволит оптимизировать подбор природоохранных мероприятий для каждого конкретного случая, сокращая временные затраты за счет автоматизации процесса. Внедрение и реализация подобных мер будут способствовать сбалансированному развитию городской среды и повышению качества жизни жителей.

Список литературы

1. Ветрова Н.М., Вереха Т.В., Меннанов Э.Э. Судьева Д.В. Экологическая безопасность урбанизированных рекреационных территорий в зоне влияния объектов транспортного строительства. *Экономика строительства и природопользования*. 2022;(1–2)(82–83):145–151. URL: https://science.cfuv.ru/wpcontent/uploads/2022/07/%D-0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf (дата обращения: 20.08.2023).

2. Герасимова Е.Б., Мельникова Л.А., Лосева А.В. Экологическая безопасность строительства в моногородах. *Строительные материалы и изделия*. 2023;6(3):59–78. https://doi.org/10.58224/2618-7183-2023-6-3-59-78

3. Sharmilaa G., Ilango T. Vehicular air pollution based on traffic density — A case study. *Materialstoday: proceedings*. 2022;52(3):532–536. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.278

4. Sheng Li, Hu Jian, Ling Zhou, Li Qiu. A multiple case study on the cooperative governance model of treating environmental deterioration. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*. 2021;19(1):56–64. https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2021.12.006

5. Махмуди А. *Архитектурное построение многоэтажных жилых домов по правилу сочетаемости биосферной парадигмы*. Монография. Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии; 2022. 142 с. URL: https://publishing.intelgr.com/index.php/izdannye-raboty?id=200 (дата обращения: 15.09.2023).

6. Коровина В.С. Природные источники загрязнения окружающей среды. *Научно-исследовательский центр Technical Innovations*. 2021;1:22–25.

7. Samarskaya N., Gurova O. Investigation of the process of reducing air pollution when crushing gravel. In: *E3S Web of Conferences*. 2021;281:09021. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128109021

8. Can Trong Nguyen, Amnat Chidthaisong, Atsamon Limsakul, Pariwate Varnakovida, Chaiwat Ekkawatpanit, Phan Kieu Diem, Nguyen Thi Hong Diep. How do disparate urbanization and climate change imprint on urban thermal variations? A comparison between two dynamic cities in Southeast Asia. *Sustainable Cities and Society*. 2022;82:103882. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103882

9. Тускаева З.Р., Фарниев О.У. Оценка экологической безопасности зданий. *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. 2021;3(37):16–21. URL: https://xn--80aai1dk.xn--p1ai/journal/wp-content/uploads/2021/09/isvp_3_37_2021_16-21.pdf (дата обращения: 10.09.2023).

10. Дьячкова О.Н. Принципы стратегического планирования развития «зеленой» инфраструктуры городской среды. *Вестник Московского государственного строительного университета*. 2021;16(8):1045–1064. https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.8.1045-1064

11. Timothy G. Holloway, John B. Williams, Djamila Ouelhadj, Gong Yang. Exploring the use of water resource recovery facility instrument data to visualise dynamic resilience to environmental stressors. *Water Research*. 2022;221:118711. https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118711

12. Meric Yilmaz Salman, Halil Hasar. Review on environmental aspects in smart city concept: Water, waste, air pollution and transportation smart applications using IoT techniques. *Sustainable Cities and Society*. 2023;94(4):104567. http://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104567

13. Iñigo Delgado-Enales, Javier Del Ser, Patricia Molina-Costa. A framework to improve urban accessibility and environmental conditions in age-friendly cities using graph modeling and multi-objective optimization. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2023;102:101966. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2023.101966

14. Гагарина Е.С. Зеленая инфраструктура и экосистемные услуги в устойчивом развитии городов. *Архитектура и современные информационные технологии*. 2023;1(62):228–247. https://doi.org/10.24412/1998-4839-2023-1-228-247

15. Плуготаренко Н.К., Гусакова Н.В., Долгополова А.Г. Методы обеспечения экологической безопасности городов. *Безопасность техногенных и природных систем.* 2018;(3–4):94–102. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2018-3-4-94-102

16. Акимова А.С., Филиппова Л.С. Проблема загрязнения поверхностных и сточных вод нефтью и нефтепродуктами и пути ее решения. *Международный научно-исследовательский журнал.* 2023;3(129):1–4. https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.63

17. Бондаренко М.Б. Градостроительное зонирование как правовой инструмент обеспечения устойчивого развития населенных пунктов. *Новизна. Эксперимент. Традиции.* 2022;8(1):8–14. URL: https://www.nxtjournal.ru/jour/article/view/139/66 (дата обращения: 10.09.2023).

References

1. Vetrova NM, Verekha TV, Mennanov EE, Sud'yeva D.V. Ekologicheskaya bezopasnost' urbanizirovannykh rekreatsionnykh territorii v zone vliyaniya ob"ektov transportnogo stroitel'stva. *Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya*. 2022;(1–2)(82–83):145–151. URL: https://science.cfuv.ru/wpcontent/uploads/2022/07/%D0-%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf (accessed: 20.08.2023). (In Russ.).

2. Gerasimova EB, Melnikova LA, Loseva AV. Ecological safety of construction in single-industry town. *Construction Materials and Products*. 2023;6(3):59–78. https://doi.org/10.58224/2618-7183-2023-6-3-59-78 (In Russ.).

3. Sharmilaa G, Ilango T. Vehicular air pollution based on traffic density – A case study. *Materialstoday: proceedings*. 2022;52(3):532–536. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.278

4. Sheng Li, Hu Jian, Ling Zhou, Li Qiu. A multiple case study on the cooperative governance model of treating environmental deterioration. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*. 2021;19(1):56–64. https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2021.12.006

5. Makhmudi A. *Arkhitekturnoe postroenie mnogoetazhnykh zhilykh domov po pravilu sochetaemosti biosfernoi paradigmy*. Monograph. Saint-Petersburg: Naukoemkie tekhnologii; 2022. 142 p. URL: https://publishing.intelgr.com/index.php/izdannye-raboty?id=200 (accessed: 15.09.2023). (In Russ.).

6. Korovina VS. Prirodnye istochniki zagryazneniya okruzhayushchei sredy. *Nauchno-issledovatel'skii tsentr Technical Innovations*. 2021;1:22–25. (In Russ.).

7. Samarskaya N, Gurova O. Investigation of the process of reducing air pollution when crushing gravel. In: *E3S Web of Conferences*. 2021;281:09021. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128109021

8. Can Trong Nguyen, Amnat Chidthaisong, Atsamon Limsakul, Pariwate Varnakovida, Chaiwat Ekkawatpanit, Phan Kieu Diem, et al. How do disparate urbanization and climate change imprint on urban thermal variations? A comparison between two dynamic cities in Southeast Asia. *Sustainable Cities and Society*. 2022;82:103882. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103882

9. Tuskaeva ZR, Farniev OU. Assessment of environmental safety of buildings. *Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region*. 2021;3(37):16–21. https://doi.org/10.52684/2312-3702-2021-37-3-16-21 (In Russ.).

10. D'yachkova ON. Principles of strategic planning for the development of “green” infrastructure of the urban environment. *Vestnik MGSU*. 2021;16(8):1045–1064. https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.8.1045-1064 (In Russ.).

11. Holloway TG, Williams JB, Djamila Ouelhadj, Gong Yang. Exploring the use of water resource recovery facility instrument data to visualise dynamic resilience to environmental stressors. *Water Research*. 2022;221:118711. https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118711

12. Meric Yilmaz Salman, Halil Hasar. Review on environmental aspects in smart city concept: Water, waste, air pollution and transportation smart applications using IoT techniques. *Sustainable Cities and Society*. 2023;94:104567. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104567

13. Iñigo Delgado-Enales, Javier Del Ser, Patricia Molina-Costa. A framework to improve urban accessibility and environmental conditions in age-friendly cities using graph modeling and multi-objective optimization. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2023;102:101966. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2023.101966

14. Gagarina ES. Green infrastructure and ecosystem services in sustainable urban development. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023;1(62):228–247. https://doi.org/10.24412/1998-4839-2023-1-228-247 (In Russ.).

15. Plugotarenko NK, Gusakova NV, Dolgopolova AG. Methods for ensuring environmental safety of cities. *Safety of Technogenic and Natural Systems*. 2018;(3–4):94–102. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2018-3-4-94-102 (In Russ.).

16. Akimova AS, Filippova LS. The problem of surface water and wastewater pollution by oil and oil products and ways of its solution. *International Research Journal*. 2023;3(129):1–4. https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.129.63 (In Russ.).

17. Bondarenko MV. Urban zoning as a legal instrument for ensuring sustainable development of settlements. *Novelty. Experiment. Traditions (N.Ex.T)*. 2022;8(1):8–14. URL: https://www.nxtjournal.ru/jour/article/view/139/66 (accessed: 10.09.2023). (In Russ.).

Поступила в редакцию 25.09.2023
Поступила после рецензирования 10.10.2023
Принята к публикации 23.10.2023

Об авторах:

Наталья Сергеевна Самарская, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ScopusID, ResearcherID, AuthorID, ORCID, nat-samars@yandex.ru

Екатерина Владимировна Котлярова, кандидат экономических наук, доцент института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ScopusID, AuthorID, ORCID, ekkot.arch@gmail.com

Екатерина Петровна Лысова, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ScopusID, ResearcherID, AuthorID, ORCID, katerina.lysova0803@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

Н.С. Самарская — формирование концепции и текста статьи.

Е.В. Котлярова — выбор тематики, обоснование актуальности и направления исследования, корректировка текста, руководство научно-исследовательской работой в рамках программы «Приоритет-2030».

Е.П. Лысова — выполнение исследований, подготовка рекомендаций и корректировка текста, анализ результатов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Received 25.09.2023
Revised 10.10.2023
Accepted 23.10.2023

About the Authors:

Natalya S. Samarskaya, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Environmental Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ScopusID, ResearcherID, AuthorID, ORCID, nat-samars@yandex.ru

Ekaterina V. Kotlyarova, Cand. Sci. (Econom.), Associate Professor of the Institute of Advanced Technologies "School X", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ScopusID, AuthorID, ORCID, ekkot.arch@gmail.com

Ekaterina P. Lysova, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Environmental Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ScopusID, ResearcherID, AuthorID, ORCID, katerina.lysova0803@gmail.com

Claimed contributorship:

NS Samarskaya: formulation of the concept and text of the article.

EV Kotlyarova: selection of the topic, justification of the relevance and direction of the study, correction of the text, management of research work within the framework of the Priority 2030 program.

EP Lysova: research, preparation of recommendations and correction of the text, analysis of the results.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.